دراسة تأثير مخلفات الزيوت والوقود على قيم التقادم المسرع لمانعات التسرب المستخدمة في أنابيب الصرف الصحي في سوريا

د. م. محمد سمير البرزاوي*

الملخص

تتميز المواد البوليميرية بأنها مواد مرنة لزجة بخلاف المواد المرنة المثالية كالمعادن، فإنه لا يمكن استخدام منحنى الشد في تصميمها، بل منحنيات الزحف والاسترخاء، وبسبب الحاجة لزمن طويل جداً (عشرات السنين) للحصول على هذه المنحنيات للمواد البوليميرية، لذلك تحدّد متانة المادة البوليميرية باختبارها عند درجات حرارة عالية، واستقراء المنحنى بدرجة الحرارة العادية. درس في هذا البحث التقادم المسرع لمانعات التسرب المستخدمة في أنابيب الصرف الصحي تحت تأثير ثلاثة أنواع من مخلفات الوقود والزيوت. أظهرت النتائج حدوث تناقص كبير في قيم الشد والاستطالة، وخاصة عند الغمر في مادة البنزين، وزيادة كبيرة في قيم القساوة ومعامل يونغ.

الكلمات المفتاحية: التقادم المسرع للمطاط، مانعات تسرب الصرف الصحي، الخصائص الميكانيكية للمطاط.

* مدرس، قسم هندسة التصميم الميكانيكي، كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية، جامعة دمشق.

Study of the Effect of Residual Oil on the Values of Accelerated Degradation of Elastomeric Seals Used in Sewage Water Pipes in Syria

Dr. Eng. Mohamad Samir Albrzawi*

Abstract

The polymeric materials are visco elastic materials and in opposite to ideal elastic materials as metals, the tension test curve can't be used in designing of these materials, the creep and relaxation curves are used in designing these materials and as we need a very long time (tens years) for having such curves for polymeric materials for determining the durability of these materials that we have to test them in high temperatures and the curves for room temperature have to be extracted. In this research the accelerated degradation of sewage elastomeric seals used in sewage pipes have been studied in under the influence of three kinds of oils and fuels. The result shows a big decrease in tension stress and elongation especially to benzene and big increase in hardness and Young's modulus values.

Key Words: Accelerated degradation of Rubber, sewage Elastomeric seals, Rubber Mechanical Properties.

* **Department of Mechanical Design Engineering, Faculty of Mechanical and Electrical Engineering, Damascus university, Damascus, Syria.**

1- المقدمــة:

تتميز المواد البوليميرية بأنّها مواد مرنة لزجة بخلاف المواد المرنة المثالية كالمعادن، لذا لايمكن استخدام منحنى الشد في تصميمها. ويعود سبب ذلك أنه بحالة المعادن وعند تأثير اجهاد ثابت بالقيمة سيحصل في العنصر انفعال ثابت في القيمة مهما طال الزمن. ولكن في حالة المواد المرنة اللزجة، وعند تأثير اجهاد ثابت سيحصل انفعال أولي في العنصر، ولكن هذا الانفعال ستزداد قيمته مع الزمن (زحف في المادة البوليميرية) حتى التحطم فضلاً عن العوامل الأخرى المؤثرة في منحنى الشد كالحرارة وسرعة التحميل، وشكل توجه الجزيئات العملاقة نتيجة التصنيع.....الخ، اذ تتأثر المواد البلاستيكية كثيراً بتغير هذه العوامل. لذلك تستخدم عند تصميم العناصر البلاستيكية منحنيات الزحف كقاعدة للتصميم [1]. أحياناً يتعرض العنصر البوليميري الى انفعال ثابت بالقيمة ،ممّا يؤدي الى حدوث استرخاء في الاجهاد، لذلك تصمّم هذه العناصر البوليميرية باستخدام منحنيات استرخاء الاجهاد، ومن ثمّ يجب الحصول على منحنيات تصميمية للمواد البوليميرية المختلفة، وبدرجات الحرارة المختلفة باستخدام الاختبارات طويلة الأمد كون كثيراً من المنتجات يجب أن تتحمل حمولات مستمرة أو دورية للمئات، أو آلاف الساعات أو أكثر مثل خزانات التخزين، والأسطوانات، وخزانات الوقود، وشرائح دعم الجسور الموضوعة عند مساند الجسور، والعلب، والمنصات، والرفوف، وشفرات المراوح، والأنابيب، ونرابيش هيدروليكية أو هوائية' موانع التسرب (جوانات).....الخ [2].

تتضمن الاختبارات قصيرة الأمد رد فعل المادة على الحمولات المطبقة بزمن ميكرو، أو ميلي ثانية ،ومع أن البوليميرات هي مواد مرنة لزجة تتجاوب مع الحمولات قصيرة الأمد المطبقة عليها بأسلوب مرن، إلاّ أنّها تسلك سلوكاً مختلفاً عند تحميلها ستاتيكياً، أو ديناميكياً طويل الأمد. لذلك لتوقع أداء العنصر الهندسي البوليميري بحالة الحمولات الستاتيكية طويلة الأمد يجب أن تستخدم اختبارات بنوعية مختلفة كون الزمن بارامتراً مهماً في المواد المرنة اللزجة. من هنا تأتي أهمية تنفيذ اختبارات الزحف أو الإراحة [2].

نلاحظ الحاجة لزمن طويل جداً (عشرات السنين) للحصول على منحنيات الزحف والاراحة للمواد البوليميرية، لذلك يجب أن نبحث عن طرائق سريعة تعطي تقييماً سريعاً لهذه المنحنيات كون انهاء مثل هذه الاختبارات يتطلب زمناً عشرات السنين [2].

تتعلق متانة المادة البلاستيكية بدرجة الحرارة، فكلما زادت درجة الحرارة قلّ الزمن اللازم لتحديد متانة المادة البوليميرية، لذلك لتحديد متانة مادة بوليميرية ما تختبر بدرجات حرارة عالية ونستقرأ المنحنى بدرجة الحرارة العادية [2].

والسؤال كيف يمكن الحصول على منحنيات بزمن قليل (عدة سنوات فقط) واستقراء باقي المنحنى بمعنى كيف يمكن تقدير تقادم المواد البوليميرية الطبيعي؟

مثلاً للأنابيب البوليميرية تستخدم العلاقة المعروفة في المعادن التي هي بالشكل (في الحالة المبسطة عند فارق درجات حرارة عال) لاستقراء تقادم الأنابيب البوليميرية [3]:

$$T\,(C + \mathrm{Log}\,t\,) = \mathrm{Const}$$

هذا يعني أن خضوع المتانة عند زمن تحميل قصير، ودرجات حرارة عالية، هو مماثل لخضوع المتانة عند زمن تحميل طويل ودرجات حرارة عادية [3].

وعلى الرغم من التوصيات الموجودة في المراجع [2] التي تنص على انّه عند استقراء جزء من منحنى الزحف يفضل أن لا يستقرأ باقي المنحنى أكثر من عقد واحد دون درجة الحرارة نفسها فمثلاً عند اجراء اختبار الزحف للمادة

بدرجة حرارة معينة مدة سنة واحدة، يجب أن لا يستقرأ باقي المنحنى مدة لاتزيد على 100000 ساعة أو 11.4 سنة [4] إلاّ انّ واقع الحال وبسبب الحاجة للحصول على معطيات سريعة بعدة سنوات لتطبيقات هندسية لمدد خدمة تزيد احياناً كثيراً على 50 سنة فإن هذه التوصيات غير مطبقة في الواقع.

تتأثر متانة المواد البوليميرية بالوسط المحيط أيضاً مثل الوسائط الكيميائية التي على تماس مع هذه المواد، والعوامل الجوية، .....الخ ومن ثمّ عند تعرض البوليميرات لمثل هذه العوامل يجب اخذها بالحسبان [2].

يستخدم المطاط موضوع البحث كمانعات تسرب (جوان) بين أنابيب الصرف الصحي، وتتعرض لانفعال ثابت في القيمة وكما أوضح سابقاً فإن الزحف هو عبارة عن رد الفعل الانفعالي للبوليمير على الحمولة المطبقة الثابتة، في حين استرخاء الاجهاد هو عبارة عن رد فعل اجهاد البوليمير على الانفعال الثابت بالقيمة، ومن ثمّ يجب تقدير مدة خدمة هذه المانعات اعتماداً على منحنيات إسترخاء الاجهاد.

انّ الحصول على منحنيات حقيقية لاسترخاء الاجهاد لمواد مانعات التسرب هو أمر مكلف ومجهد، ويتطلب وقتاً وجهداً طويلين، ومن ثمّ ولتقدير فترة مدة هذه المواد يلجأ الى مقارنة نتائج اختبار هذه المواد بين اختبارين الأول هو اختبار بدرجة حرارة الغرفة، والثاني اختبار هذه المادة بعد تعريضها لدرجة حرارة عالية مدة زمنية محددة على اعتبار أن تعريض هذه العينات لدرجات الحرارة العالية يؤدي الى تسريع استرخاء هذه المادة، ويعطي امكانية لاستقراء متانتها عند نهاية فترة خدمتها بتقادمها الطبيعي [2].

تتأثر مانعات التسرب بمجموعة من الظروف المحيطية وكذلك الضغط الميكانيكي بين جزأي الأنبوب، التي ستؤدي جميعها الى حدوث تقادم في مادة المانعات بعد مدة من الزمن [5]. من هنا ظهرت أهمية معرفة مدى مقاومة المانعات للحمولات طويلة الأمد، وبشروط محيطية مختلفة، ومن ثمّ توجد في المراجع كثير من المقالات التي درست هذه المانعات بظروف محيطية مختلفة [6، 7، 8، 9، 10، 11، 12]، والتي كلها تقترح عند دراسة هذه المانعات استخدام مقاربة بحيث تتعرض المانعة الى وسط مماثل للوسط التي ستعمل به، بهدف اجراء تقييم صحيح لأدائها طويل الأمد، كون خواص المانعة ستتغير مع الزمن.

نصت المواصفة الأوربية [13] EN681-1 المعتمدة لاختبار مانعات تسرب الصرف الصحي في سورية على وجوب اختبار مانعات التسرب (الجوان) المستخدمة في الصرف الصحي بتقادم مسرع، وذلك بوضع العينات مدة سبعة أيام في فرن هوائي عادي بدرجة حرارة 70 درجة مئوية، ومقارنة قياسات القساوة ومتانة الشد والاستطالة عند الانقطاع دون التقادم المسرع ومعه.

بسبب القيود الصارمة في أوربا على المنشآت الصناعية التي تمنع القاء مخلفات المصانع في مياه الصرف الصحي، والتي تجبر هذه المعامل على وجود محطات صرف صحي صغيرة في هذه المعامل، بحيث تضمن عدم وجود مثل هذه المخلفات في أنابيب الصرف الصحي، فلم تلحظ المواصفة الأوربية [13] EN681-1 طبيعة المياه الجارية في أنابيب الصرف الصحي، في حين يلاحظ وجود مثل هذه المخلفات في محطات الصرف الصحي في سورية بسبب إلقاء المعامل وورش الصيانة المختلفة كلّها لمخلفات الزيوت والوقود في خطوط الصرف الصحي ممّا يعطي شكاً في صوابية نتائج تقييم هذه المواصفة للتقادم المسرع لمانعات التسرب المستخدمة في خطوط الصرف الصحي في سورية.

من هنا جاء هدف البحث الذي يكمن في دراسة تأثير مخلفات الزيوت والوقود في قيم التقادم المسرع الناتج من

اختبارات مانعات التسرب المستخدمة في أنابيب الصرف الصحي في سورية.

2 – العمل التجريبي:

2-1- المواد المستخدمة في البحث:

اقتطعت عينات شد وقساوة من مانعة تسرب لأنبوب صرف صحي بقطر 400 مم، وفق الشكل (1). بعد تشريح المانعة أخذت عينات الشد بقص الجزء المشروح بواسطة قوالب قص بأبعاد تتوافق مع الأبعاد المطلوبة للنوع type1 في المواصفة [14] SO37، وصنعّت ثلاث عينات لكل نوع اختبار.

الشكل (1) اقتطاع العينات

غمس الجزء الأكبر من العينات في ثلاثة أنواع لمخلفات الوقود.

القسم الأول غمس بالبنزين، والثاني بالمازوت، والثالث بمخلفات الزيوت الناتجة من السيارات، مدة خمسون يوماً، وحرّكت العينات مرة كل 24 ساعة. بعد ذلك أخرّجت العينات من الأوعية، وجفّفت بدرجة حرارة 40 درجة مئوية بفرن ذي تهوية قسرية صنع شركة Lenton الإنكليزية حتى الوصول الى وزن واحد للعينات كلّها بشكل مماثل للمتبع في المرجع [11] ومن ثم جهّزت للإختبارات. درجة حرارة الاختبار 23 درجة مئوية.

2-2- نتائج اختبار الشد:

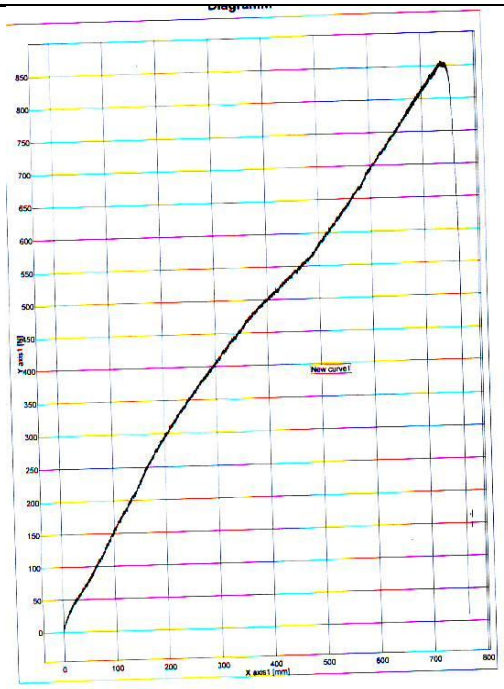
نفّذ اختبار الشد على آلة اختبار الشد صنع شركة Test الألمانية (الشكل 2)، ونفّذ اختبار الشد وبسرعة شد مقدارها500 mm/min وفق المواصفة ISO37 [14] و EN681-1 [13] وكانت النتائج كالآتي:

أ- دون تغطيس في مخلفات الزيوت والوقود (الشكل (3) قبل التعتيق، والشكل (4) بعد التعتيق):

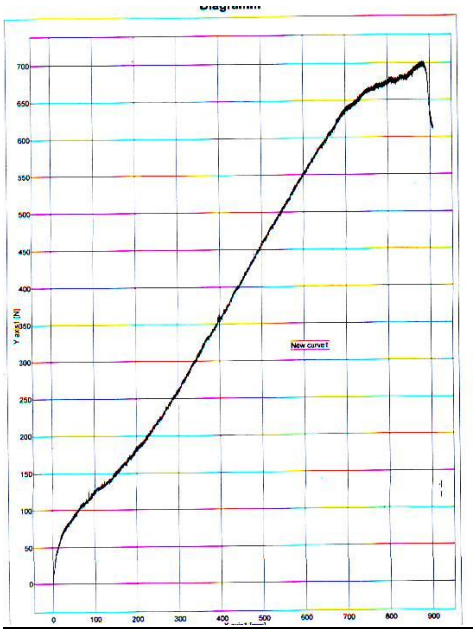
إجهاد الشد عند الانقطاع قبل التعتيق MPa			إجهاد الشد عند الانقطاع بعد التعتيق MPa		
47.2	42.5	46.2	38.8	37.1	34.5
45.3			36.8		

الشكل (2) آلة إختبار الشد

وسط التغطيس	اجهاد الشد عند الانقطاع قبل التعتيق MPa			اجهاد الشد عند الانقطاع بعد التعتيق MPa		
البنزين	21.6	20.2	19.9	4.3	4.1	3.9
	20.5			4.1		
المازوت	23.6	22.2	21.9	13.0	12.9	12.2
	22.5			12.7		
الزيوت	24.4	24.1	23.3	11.1	10.9	10.8
	23.9			10.9		



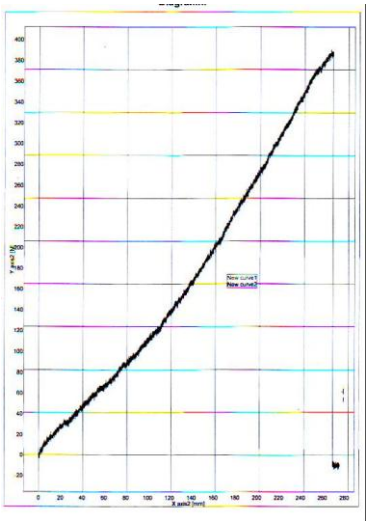
الشـكل (3) منحنـى اختبـار الشـد للعينـة دون تغطـيس قبـل التعتيق.



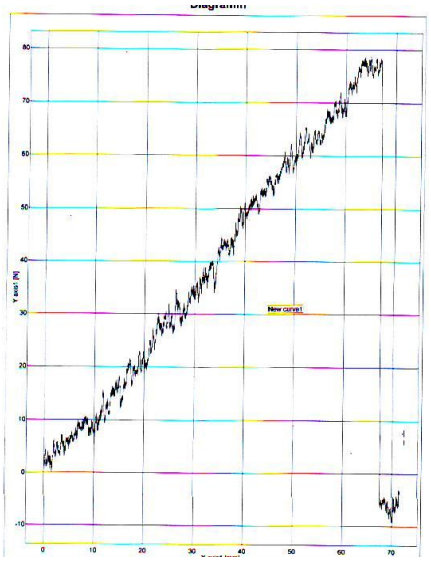
الشـكل (4) منحنـى اختبـار الشـد للعينـة دون تغطـيس بعـد التعتيق

ب– مع تغطيس في مخلفات الوقود والزيوت

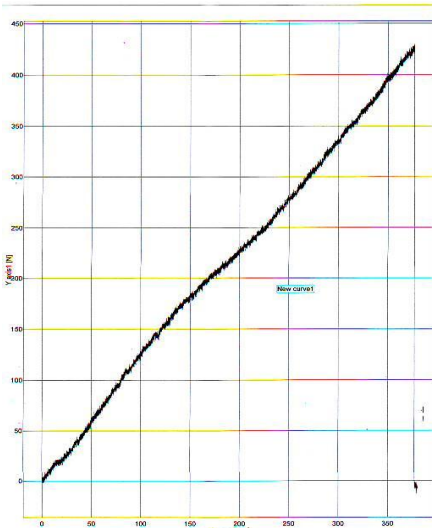
الأشكال من (5) حتى (10)



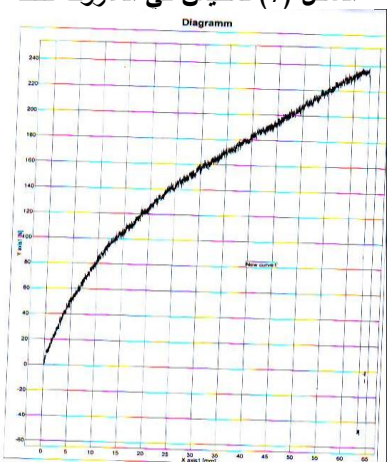
الشكل (5) تغطيس في البنزين فقط



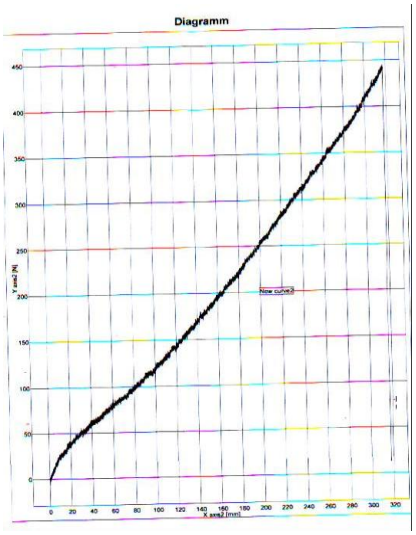
الشكل (6) تغطيس في البنزين مع تعتيق



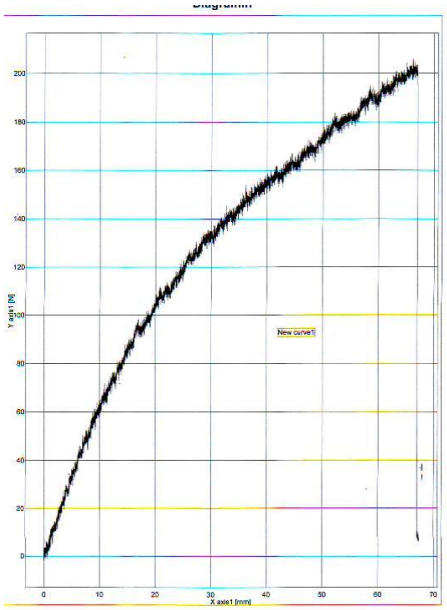
الشكل (7) تغطيس في المازوت فقط



الشكل (8) تغطيس في المازوت وتعتيق



الشكل (9) تغطيس في الزيوت فقط



الشكل (10) تغطيس في الزيوت وتعتيق

2-3- نتائج اختبار الاستطالة:

تم الحصول على نتائج الاستطالة من اختبار الشد السابق وكانت النتائج كالآتي:

أ- دون تغطيس في مخلفات الزيوت والوقود:

الاستطالة النسبية قبل التعتيق%			الاستطالة النسبية بعد التعتيق%		
2333.3	2291.1	2289.6	2696.9	2620.2	2598.0
2304.6			2638.3		

ب- مع تغطيس في مخلفات الوقود والزيوت:

نوع التغطيس	الاستطالة النسبية عند الانقطاع قبل التعتيق %			الاستطالة النسبية عند الانقطاع بعد التعتيق %		
البنزين	818.1	802.0	795.9	206	200.1	198.8
	805.3			201.6		
المازوت	1136	1102.6	1087.0	190	188.1	183.3
	1108.5			187.1		
الزيوت	966	950.1	944.8	206	202.0	200.8
	953.6			202.9		

2-4 – نتائج قياس معامل المرونة الأول (معامل يونغ):

أ- دون تغطيس في مخلفات الزيوت والوقود:

معامل يونغ قبل التعتيق MPa			معامل يونغ بعد التعتيق MPa		
2.7	2.6	2.5	1	0.9	0.9
2.6			0.9		

ب- مع تغطيس في مخلفات الوقود والزيوت:

نوع التغطيس	معامل يونغ قبل التعتيق MPa			معامل يونغ بعد التعتيق MPa		
البنزين	2.0	2	1.9	1.8	1.7	1.6
	1.96			1.7		
المازوت	2.7	2.5	2.4	9.1	8.9	8.8
	2.5			8.9		
الزيوت	1.9	1.8	1.8	9.1	9.1	8.8
	1.8			9.0		

2-5 - نتائج اختبار القساوة:

نفّذ اختبار قساوة IRHD للعينات باستخدام جهاز القساوة الموجود في المخبر digi test، صنع شركة bareiss الألمانية وفق المواصفة ISO48 [15] الشكل (11)

الشكل (11) جهاز القساوة

أ- دون تغطيس في مخلفات الزيوت والوقود:

قيم القساوة قبل التعتيق IRHD			قيم القساوة بعد التعتيق IRHD		
55	55	54.3	52	51.8	51
54.7			51.6		

ب- مع تغطيس في مخلفات الوقود والزيوت:

نوع التغطيس	قيم القساوة قبل التعتيق IRHD			قيم القساوة بعد التعتيق IRHD		
البنزين	62	61	61	69	68.8	68
	61.3			68.6		
المازوت	59	59	58.3	72	72	71.1
	58.7			71.7		
الزيوت	58	57.6	57.4	76	76	75.6
	57.6			75.8		

3- الاستنتاجات:

1- يلاحظ من نتائج الاختبارات حصول نقصان شديد في قيم مقاومة الشد للعينات المعرضة للتغطيس بنسب تراوح بين 47 و54 بالمئة، وازدياد هذا النقصان مع تعريض هذه العينات للتقادم بالفرن لتصبح بين 65 و88 بالمئة.

2- يلاحظ من نتائج الاختبارات حصول نقصان شديد في قيم الاستطالة النسبية للعينات المعرضة للتغطيس بنسب تراوح بين 51 و58 بالمئة وازدياد هذا النقصان مع تعريض هذه العينات للتقادم بالفرن لتصبح نحو 92 بالمئة.

3- يلاحظ من نتائج الاختبارات حصول زيادة في قيم قساوة العينات المعرضة للتغطيس بنسب تراوح بين 5 و12 بالمئة، وازدياد هذا الزيادة مع تعريض هذه العينات للتقادم بالفرن لتصبح 32 و 46 بالمئة.

4- يلاحظ حصول زيادة في جساءة العينات، وزيادة في قيم معامل المرونة الأول E بعد تغطيس هذه العينات في المازوت والزيوت بنسب تراوح بين 4 و30 بالمئة. شذ عن ذلك التغطيس بالبنزين. من الواضّح انّ تأثير البنزين مختلف عن تأثير المواد الأخرى.

5- بالعودة الى الشروط الموضوعة في هذه المواصفة التي هي:

- شروط القساوة: +/-5 % بين القيم المقيسة قبل التعتيق و +8/-5 % بعد التعتيق.
- شروط قيم متانة الشد: 9 ميغا باسكال على الأقل، والتغير المسموح به الأعظمي بعد التعتيق هو -20% .

- شـروط الاسـتطالة: 300% علـى الأقـل للقـيم المقيسـة، والتغيـر الأعظمـي المسـموح بـه بعـد التعتيـق هـو +10/−30%.

نلاحظ أنه بينما كانت شروط المواصفات المعتمدة في سورية محققة قبل التغطيس الاّ انّه عند تغطيس العينات وخاصة بعد احداث تقادم بالفرن أن هذه الشروط أصبحت نهائياً غير محققة.

النتيجـة: إن عـدم أخـذ المـواد المتضـمنة فـي ميـاه الصرف الصحي في الحسبان تعطي نتائج مغلوط بها. إن الشروط الموضوعة من قبل المواصفات الأوربية لا تتطابق تماماً مع الظروف المحلية في سوريا ومن ثمّ يجب اخذ هذه الاختلافات بالحسبان عند تصميم منشآت الصرف الصحي الموجودة في سورية.

المصطلحات العلمية المستخدمة

المصطلحات العربية	المصطلحات الأجنبية
شد	**Tension**
انفعال	**Deformation**
استطالة	**Elongation**
تقادم مسرع	**Accelerated Degradation**
مرن لزج	**Visco Elastic**
زحف	**Creep**
اراحة	**Relaxation**
اجهاد	**Stress**
مانعات تسرب	**Seals**
معامل يونغ	**Young's Modulus**
IRHD قساوة	**IRHD Hardness**
اختبار	**Test**

REFERENCES المراجع

1-Plastic Pipes for Water Supply and Sewage Disposal, by Lars – Eric Janson – 4th edition, Stokholm, 2003.

2-Polymer Engineering Principles, Properties and Tests for design, by Richard C. Progelhof and James L. Throne, Hanser/Gardner Publications, Inc., Cincinnati, 2012.

3-Heiner Bromstrup (Editor), PE100 Pipe Systems, 2nd Edition – VULKAN 2009.

4-J. O. Toole "Design Guide", Modern Plastic Encyclopedia, 63:10A (1986).

5-A.N. Gent and R.H. Tobias, "Threshold Tear Strength of Elastomers", Journal of Polymer Science Part B-Polymer Physics, 20(11), 2011

6-S. Mitra, A. Ghanbari-Siahkali, P. Kingshott, K. Almdal, H.K. Rehmeier, and A.G. Christensen, "Chemical Degradation of Fluoroelastomer in an Alkaline environment" Polymer Degradation and Stability, 83 (2), 195 – 206, 2004.

7-H.W. Greensmith and A.G. Thomas, "Rupture of Rubber. Determination of Tear Properties", Journal of Polymer Science Part B – Polymer Physics, 18 (88), 189-200, 1955.

8-R. J. Pazur, J. Bielby and U. Dinges "Continuos Compressive Stress Relaxation of Elastomers Used in Engine sealing Applications", Rubber world, 229 (5), 24-29, 2004.

9-N. Nakajima and R.D. Demarco "Application of Polyacrylate Rubber for Light Performance automatic Gaskets and Seals" Journal of Elastomers and Plastics, 33(2), 114-129, 2001.

10-D. A. Diallard, S. Guo, M. W. Ellis, J. J. Lesko, J.G.Dillard, J.Sayre, and Vijayendra, "Seals and Sealants in PEM Fuelcell Enviroment: Material, Design, and Durability Challenges, in ASME second international conference on fuel cell science engineering and technology, 2004, Rochesler, New York, p.553-360.

11-Le Saux V, Marco Y, Calloch S, le Gac PY. Marine aging of polychloroprene rubber: validation of accelerated protocols and static failure criteria by comparision to a 23 years old 0_shore export line. ECCMR conference 2011.

12-Le Saux V, Marco Y, Calloch S, le Gac PY. Accelerated ageing of polychloroprene for marine applications. Constitutive models for rubber VI 2009.

13-EN 681-1:2002 Elastomeric Seals – Material Requirments, for Pipe Joint Seals used in Water and Drainage Applications Part 1. Vulcanized Rubber.

14-ISO37:2005 Rubber, Vulcanized or Thermoplastic – Determination of Tensile – Strain Properties.

15-ISO48: 2010 Rubber, Vulcanized or thermoplastic – Determination of Hardness (hardness between 10 IRHD and 100 IRHD).

Received	2016/06/16	إيداع البحث
Accepted for Publ.	2017/02/02	قبول البحث للنشر